

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
25. August 2005 (25.08.2005)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2005/077575 A2**

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **B23B 29/03**,  
B24B 33/08, B23B 51/08

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2005/001189

(22) Internationales Anmeldedatum:  
5. Februar 2005 (05.02.2005)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
10 2004 008 166.2  
10. Februar 2004 (10.02.2004) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme  
von US): **MAPAL PRÄZISIONSWERKZEUGE DR.  
KRESS KG** [DE/DE]; Obere Bahnstrasse 13, 73431  
Aalen (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **HÄBERLE, Friedrich**  
[DE/DE]; Fliederstrasse 14, 73466 Lauchheim (DE).  
**KRESS, Dieter** [DE/DE]; Walkstrasse 87, 73431 Aalen  
(DE).

(74) Anwälte: **GLEISS, Alf-Olav** usw.; Gleiss & Grosse,  
Gleiss Grosse Schrell & Partner, Leitzstrasse 45, 70469  
Stuttgart (DE).

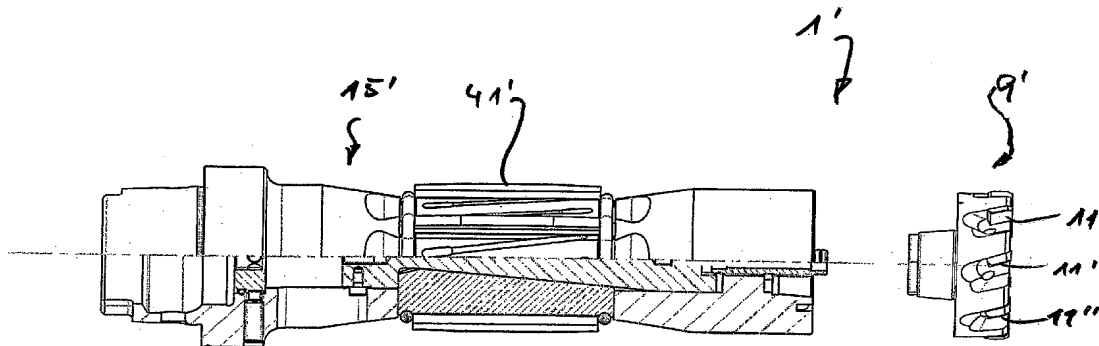
(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für  
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,  
AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,  
CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI,  
GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE,  
KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD,  
MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG,  
PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM,  
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM,  
ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für  
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,  
GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG,  
ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU,  
TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK,  
EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL,  
PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI,  
CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: TOOL FOR MACHINING PRECISION BORES

(54) Bezeichnung: WERKZEUG ZUR SPANENDEN BEARBEITUNG VON PRÄZISIONSBOHRUNGEN



(57) Abstract: Disclosed is a tool for machining precision bores in workpieces. Said tool comprises a first machining stage that is provided with at least one geometrically defined cutting edge as well as a second machining stage which is provided with at least one honing strip encompassing geometrically undefined cutting edges. The inventive tool is characterized in that the first machining stage is provided with at least three support zones that are disposed at a distance from each other in the circumferential direction. Said at least three support zones are embodied and arranged so as to rest against the wall of the precision bore during machining thereof.

(57) Zusammenfassung: Es wird ein Werkzeug zur spanenden Bearbeitung von Präzisionsbohrungen in Werkstücken mit einer ersten Bearbeitungsstufe, die mindestens eine geometrisch bestimmte schneide aufweist und mit einer zweiten Bearbeitungsstufe, die mindestens eine Honleiste geometrisch unbestimmten Schneiden aufweist, vorgeschlagen. Dieses zeichnet sich dadurch aus, dass die erste Bearbeitungsstufe mindestens drei in Umfangsrichtung in einem Abstand zueinander angeordnete Abstützbereiche aufweist, die so ausgebildet und angeordnet sind, dass sie sich bei der Bearbeitung der Präzisionsbohrung an deren Wandung abstützen.

WO 2005/077575 A2



**Veröffentlicht:**

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts

*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

**Werkzeug zur spanenden Bearbeitung von  
Präzisionsbohrungen**

**Beschreibung**

Die Erfindung betrifft ein Werkzeug zur spanenden Bearbeitung von Präzisionsbohrungen in Werkstücken gemäß Oberbegriff des Anspruchs 1.

Werkzeuge der hier angesprochenen Art sind bekannt (DE 198 30 903 A1). Sie weisen eine erste Bearbeitungsstufe mit mindestens einer geometrisch bestimmten Schneide und eine zweite Bearbeitungsstufe mit mindestens einer Honleiste auf, die geometrisch unbestimmte Schneiden umfasst. Es hat sich herausgestellt, dass der Einsatz derartiger Werkzeuge aufwendig ist: Es bedarf spezieller Führungseinrichtungen, mit deren Hilfe das Werkzeug in dem zu bearbeitenden Werkstück abgestützt wird. Im Übrigen sind die Bearbeitungsergebnisse nicht immer befriedigend.

Aufgabe der Erfindung ist es daher, ein Werkzeug zu schaffen, das diese Nachteile nicht aufweist.

Zur Lösung dieser Aufgabe wird ein Werkzeug vorgeschlagen, das die in Anspruch 1 genannten Merkmale aufweist. Es zeichnet sich dadurch aus, dass die erste Bearbeitungsstufe mindestens drei in Umfangsrichtung in einem Abstand zueinander angeordnete Abstützbereiche aufweist, die so ausgebildet und angeordnet sind, dass sie sich bei der Bearbeitung einer Präzisionsbohrung an deren Wandung abstützen. Dadurch, dass das Werkzeug unmittelbar an der Bohrungswand und nicht an irgendwelchen Führungseinrichtungen

anliegt, bedarf es bei der Bearbeitung eines Werkstücks keiner zusätzlichen Einrichtungen, die das Werkzeug in einer bestimmten Position gegenüber diesem halten. Dadurch wird der Einsatz des Werkzeugs wesentlich vereinfacht.

Weitere Ausgestaltungen ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Die Erfindung wird im Folgenden anhand der Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

- Figur 1 eine Explosionsdarstellung eines Werkzeugs mit drei Bearbeitungsstufen;
- Figur 2 eine Seitenansicht der dritten Bearbeitungsstufe gemäß Figur 1;
- Figur 3 eine Stirnansicht der dritten Bearbeitungsstufe gemäß Figur 2;
- Figur 4 einen Längsschnitt einer Honleiste und
- Figur 5 einen Querschnitt einer Honleiste nach Figur 4,
- Figur 6 ein abgewandeltes Ausführungsbeispiel eines Werkzeugs und
- Figur 7 eine perspektivische Ansicht einer Messerplatte von Schräg vorne

Das in Figur 1 in Explosionsdarstellung wiedergegebene Werkzeug 1 weist drei Bearbeitungsstufen auf, nämlich eine der Vorbearbeitung dienende erste Bearbeitungsstufe 3 mit mindestens einer Messer-

platte 5, die wenigstens eine geometrisch bestimmte Schneide 7 aufweist. Außerdem ist eine zweite Bearbeitungsstufe 9 vorgesehen, die der Weiterbearbeitung dient und mindestens eine Messerplatte 11 mit wenigstens einer geometrisch bestimmten Schneide 13 aufweist. Schließlich weist das Werkzeug 1 eine dritte Bearbeitungsstufe 15 auf, die mindestens eine geometrisch unbestimmte Schneide 17 aufweist. An dem in Figur 1 linken Ende der dritten Bearbeitungsstufe 15 ist ein vorzugsweise hohler Schaft 19 vorgesehen, der der Befestigung des Werkzeugs 1 in einer Werkzeugmaschine dient und wie üblich eine konische, sich – gemäß Figur 1 – nach links verjüngende Umfangsfläche aufweist.

In die dem Schaft 19 gegenüberliegende Stirnseite 21 der dritten Bearbeitungsstufe 15 ist eine hier nicht dargestellte, vorzugsweise konische Ausnehmung eingebracht, die der Aufnahme eines von der zweiten Bearbeitungsstufe 9 ausgehenden Schafts 23 dient, dessen Durchmesser kleiner ist als der Außendurchmesser der zweiten Bearbeitungsstufe 9, so dass er von einer ringförmigen Planfläche 25 umgeben ist. Entsprechend ist in die dem Schaft 23 gegenüberliegende Stirnseite 27 der zweiten Bearbeitungsstufe 9 eine hier nicht sichtbare konische Ausnehmung eingebracht, in die ein von der ersten Bearbeitungsstufe 3 ausgehender Schaft 29 eingreift.

Es wird also deutlich, dass das Werkzeug 1 modular aufgebaut ist, und dass die Bearbeitungsstufen 3, 9 und 15 miteinander durch eine auch als Kurzkegelverbindung bezeichnete Präzisionsverbindung miteinander gekoppelt werden. In zusammengebautem Zustand wirkt die Stirnfläche 21 der dritten Bearbeitungsstufe mit der ringförmigen Planfläche 25 der zweiten Bearbeitungsstufe zusammen. Entsprechend wirkt eine ringförmige Planfläche 31, die den Schaft 29

der ersten Bearbeitungsstufe 3 umgibt, mit der Stirnfläche 27 der zweiten Bearbeitungsstufe 9 zusammen. Dadurch ergibt sich eine exakte Ausrichtung der Bearbeitungsstufen zueinander; sie liegen aufgrund der Zentrierung durch die Kegel auf einer gemeinsamen Achse. Der modulare Aufbau erlaubt im Übrigen den Austausch von Bearbeitungsstufen bei Verschleiß und zur Realisierung unterschiedlicher Werkzeuge 1.

Beispielhaft ist hier eine Schraube 33 vorgesehen, die dazu dient, die erste Bearbeitungsstufe 3 mit der zweiten Bearbeitungsstufe 9 an der dritten Bearbeitungsstufe 15 festzuspannen.

Aus Figur 1 wird deutlich, dass das Werkzeug 1 zur spanenden Bearbeitung von Präzisionsbohrungen drei unterschiedlichen Bearbeitungsarten zugeordnete Bearbeitungsstufen aufweist, von denen die erste und zweite Bearbeitungsstufe 3 und 9 der Vor- und Zwischenbearbeitung dient und die dritte Bearbeitungsstufe 15 der Fertigbearbeitung. Entsprechend sind die Bearbeitungsstufen angeordnet: Ausgehend von dem Schaft 19, der mit einer Werkzeugmaschine verbindbar ist, liegt zunächst die dritte Bearbeitungsstufe 15 zur Fertigbearbeitung vor. An diese schließt sich, in Richtung der Schraube 33 gesehen, also in Vorschubrichtung, die zweite Bearbeitungsstufe 9 an. Die Vorderseite des Werkzeugs 1 bildet die erste Bearbeitungsstufe 3, die als erstes in eine zu bearbeitende Präzisionsbohrung eingeführt wird und dort Späne von deren Oberfläche abträgt.

Bei der Bearbeitung einer Präzisionsbohrung wirkt zuerst die mindestens eine Schneide 7 der ersten Bearbeitungsstufe 3. Danach kommt die mindestens eine geometrisch bestimmte Schneide 13 der zweiten Bearbeitungsstufe 9 mit der Bohrungsoberfläche in Eingriff

und führt die Weiter- beziehungsweise Zwischenbearbeitung der Bohrungsoberfläche durch. Erst dann kommt die mindestens eine geometrisch unbestimmte Schneide 17 der dritten Bearbeitungsstufe 15 mit der Bohrungsoberfläche in Eingriff.

Aus der Darstellung gemäß Figur 1 ist ersichtlich, dass die erste Bearbeitungsstufe 3 mehrere, vorzugsweise gleichmäßig am Umfang der Bearbeitungsstufe verteilte Messerplatten aufweist, von denen hier die Messerplatten 5 und 5' dargestellt sind. Die Messerplatten 5, 5' usw. der ersten Bearbeitungsstufe 3 sind Tangentialplatten und quasi in die Stirnseite 35 der ersten Bearbeitungsstufe 3 versenkt angeordnet.

Die zweite Bearbeitungsstufe 9 weist hier mehrere Messerplatten auf, die in die Umfangsfläche 37 der zweiten Bearbeitungsstufe eingesetzt sind. Es können beispielsweise sechs bis acht derartige Messerplatten vorgesehen werden, wobei deren Anzahl auch von der Größe der Bearbeitungsstufe 9, also von deren Durchmesser, abhängt. In Figur 1 sind die Messerplatten 11, 11' und 11'' ersichtlich. Sie sind in Nuten eingesetzt, die radial zur Mittelachse 39 des Werkzeugs 1 und damit auch zur Mittelachse der zweiten Bearbeitungsstufe 9 verlaufen. Die Messerplatten in den ersten und zweiten Bearbeitungsstufen 3 und 9 sind auf bekannte Weise befestigt, vorzugsweise festgeschraubt oder durch Spannpratzen fixiert. Denkbar ist es auch, diese fest zulöten.

Figur 1 zeigt noch, dass die geometrisch unbestimmte Schneide 17 hier als Honleiste 41 ausgebildet ist, die Hartstoffpartikel aufweist, zumindest in ihrer über die Umfangsfläche 43 der dritten Bearbeitungsstufe 15 vorstehenden Außenfläche 45 mit Hartstoffpartikeln

versehen ist. Figur 1 lässt noch erkennen, dass in die Umfangsfläche 43 Führungsleisten eingebracht sind, von denen hier die Führungsleisten 47, 49 und 51 erkennbar sind.

Bei dem hier dargestellten Ausführungsbeispiel der dritten Bearbeitungsstufe 15 ist vorgesehen, dass die Honleiste 41 in ihrer Außenfläche 45 vorzugsweise eine Kühl-/Schmiermittelnut 53 aufweist, die wie die Honleiste 41 und die Führungsleisten parallel zur Mittelachse 39 verläuft. In diese Nut 53 mündet mindestens eine, hier drei Bohrungen 55, 57 und 59, die als Auslass für ein Kühl-/Schmiermittel dienen.

Die Honleiste 41 wird von mindestens einer, hier zwei Spannpratzen 61, 63 festgespannt und sicher gehalten, die seitlich an einer Längsseite der Honleiste 41 angeordnet sind.

Das aus Figur 1 ersichtliche Werkzeug zeichnet sich also durch die Kombination zweier Bearbeitungsstufen mit geometrisch bestimmte Schneiden mit einer Bearbeitungsstufe aus, die eine geometrisch unbestimmte Schneide aufweist.

Figur 2 zeigt einen Teil des Werkzeugs 1, nämlich die dritte Bearbeitungsstufe 15. Die Bearbeitungsstufe 15 ist in der Darstellung nach Figur 2 so um die Mittelachse 39 verdreht, dass die Honleiste 41 oben angeordnet ist. Die Darstellung nach Figur 2 ist gegenüber der in Figur 1 vergrößert. Gleiche Teile sind mit gleichen Bezugsziffern versehen, so dass insofern auf die vorangegangene Beschreibung verwiesen wird. Figur 2 dient insbesondere der weiteren Erläuterung der austauschbaren Honleiste 41. Diese ist in eine Nut 65 eingelegt, die in den Grundkörper 67 der dritten Bearbeitungsstufe 15 eingebracht ist. Sie wird von den zwei Spannpratzen 61 und 63 gehalten,



deren Spannlippen auf einer Seitenfläche 69 der Honleiste 41 aufliegen und diese im Grundkörper 47 festspannen. Darauf wird unten noch näher eingegangen.

In die Honleiste 41 sind die drei Bohrungen 55, 57 und 59 eingebracht, die deren Grundkörper ausgehend von deren Außenfläche 45 vollständig durchdringen. Die Bohrungen 55, 57 und 59 sind hier als Stufenbohrung ausgebildet und weisen einen radial außen liegenden ersten Bereich kleineren Innendurchmessers und einen radial innen liegenden Bereich mit größerem Innendurchmesser auf. Die Bohrungen 55, 57 und 59 dienen der Aufnahme einer Justiereinrichtung 71, die vorzugsweise in allen Bohrungen gleich ist. Daher wird nur auf die Justiereinrichtung 71 eingegangen, die in der Bohrung 55 angeordnet ist. Sie weist ein erstes Stellmittel 73 auf, das im ersten Bereich der Bohrung 55 angeordnet ist, der sich an die Außenfläche 45 der Honleiste 41 anschließt. In dem zweiten Bereich der Bohrung 55 liegt ein zweites Stellmittel 75, das am Grundkörper 67 anliegt. Das erste Stellmittel 73 ist vorzugsweise als Stellschraube ausgebildet, das zweite Stellmittel 75 als Druckstück. Dieses besteht vorzugsweise aus Hartmetall, so dass eine von der Stellschraube ausgeübte Druckkraft die Oberfläche des Druckstücks nicht beschädigt.

Aus Figur 2 ist ersichtlich, dass die beiden Stellmittel 73 und 75 von einem im Wesentlichen radial verlaufenden Kühl-/Schmiermittelkanal 77 durchsetzt werden.

Wird die Stellschraube des ersten Stellmittels 73 weiter in das Innere der Honleiste 41 eingeschraubt, so drückt diese das Druckstück des zweiten Stellmittels 77 radial nach innen in Richtung auf die Mit-

telachse 39, so dass die Honleiste 41 radial aus der Nut 65 heraus geschoben wird. Es wird damit deutlich, dass die radiale Position der Honleiste 41, also der Überstand der Außenfläche 45 über die Umfangsfläche 43 der dritten Bearbeitungsstufe 15, einstellbar ist. Um eine gleichmäßige Einstellung des Überstands der Honleiste 41 zu gewährleisten, sind hier drei Bohrungen 55, 57 und 59 vorgesehen, die gleichartige Justiereinrichtungen 71 der oben beschriebenen Art aufnehmen.

Es ist erkennbar, dass die Justiereinrichtung 71 insofern abgewandelt werden kann, als das zweite Stellmittel 75 auch in einer geeigneten Bohrung 79 im Grundkörper 67 der dritten Bearbeitungsstufe 15 angeordnet werden kann. Dies ist gestrichelt in Zusammenhang mit der Bohrung 57 in Figur 2 angedeutet. In diesem Fall kann das zweite Stellmittel 75 in der Honleiste 41 entfallen. Allerdings muss entsprechend das erste Stellmittel 73, nämlich die Stellschraube, angepasst werden. In diesem Fall kann die Bohrung 55, 57, 59 einen gleichmäßigen Durchmesser über ihre Länge aufweisen.

Figur 2 zeigt noch die in die Stirnfläche 21 der dritten Bearbeitungsstufe 15 eingebrachten konische Vertiefung 81, die anhand von Figur 1 erläutert wurde und der Aufnahme des konischen Schafts 23 der zweiten Bearbeitungsstufe 19 dient.

Aus Gründen der Vereinfachung sind in Figur 2 die Führungsleisten weggelassen.

Figur 3 zeigt eine Stirnansicht der dritten Bearbeitungsstufe 15 gemäß Figur 2. Gleiche Teile sind mit gleichen Bezugsziffern versehen, so dass insofern auf die Beschreibung der vorangegangenen Figuren verwiesen wird, um Wiederholungen zu vermeiden. Die Darstel-

lung gemäß Figur 3 ist vereinfacht und dient dazu, die Fixierung der Honleiste 41 im Grundkörper 67 der dritten Bearbeitungsstufe 15 zu verdeutlichen.

Die Honleiste 41 wird in eine in den Grundkörper 67 eingebrachte Nut 65 eingebracht, die im Wesentlichen parallel zur Mittelachse 39 des Werkzeugs 1 und damit der dritten Bearbeitungsstufe 15 verläuft und im Querschnitt gemäß Figur 3 gesehen im Wesentlichen rechteckförmig ausgebildet ist. Sie weist eine Grundfläche 83 auf, die vorzugsweise in den Bereichen der Bohrungen 55, 57 und 59 jeweils einen Kühl-/Schmiermittelauslass aufweist, so dass ein hier austretendes Medium durch den Kühl-/Schmiermittelkanal 77 austreten kann, der die Stellmittel 73 und 75 durchzieht. Damit gelangt das Kühl-/Schmiermittel in die Kühl-/Schmiermittelnut 53 der Honleiste 41, die anhand von Figur 1 erläutert wurde.

Die Nut 65 wird von zwei im Wesentlichen senkrecht auf der Grundfläche 83 stehenden Seitenflanken 85, 87 begrenzt, wobei die in Figur 3 rechte Seitenflanke 85 als Anlage für die Honleiste 41 dient und die in Figur 3 linke Seitenflanke 87 durchbrochen ist, damit die Spannpratzen auf die Seitenfläche 69 der Honleiste 41 wirken und diese gegen die Seitenfläche 85 und die Grundfläche 83 anpressen können. In Figur 1 ist beispielhaft die Spannpratze 61 dargestellt, die mit einer Spannlippe 89 die Honleiste 41 festhält. Diese ist auf der der Spannpratze 61 zugewandten Seitenfläche 69 mit einer Spannnut 91 versehen, die eine Spannfläche 93 aufweist.

Die Spannpratze 61 weist eine Durchgangsbohrung 95 auf, die von einer Spannschraube 97 durchdrungen wird. Diese ist hier beispielhaft mit zwei gegenläufigen Gewindebereichen versehen, von denen

einer mit der Spannpratze 61 zusammenwirkt und der andere mit dem Grundkörper 67 der dritten Bearbeitungsstufe 15:

Figur 3 zeigt wiederum die Bohrung 55, die die Honleiste 41 senkrecht, das heißt in Richtung einer Durchmesserlinie D verlaufend, durchdringt und einerseits in der Außenfläche 45 der Honleiste 41 mündet und sich andererseits zur Grundfläche 83 der Nut 65 öffnet. Der radial außen liegende Bereich kleineren Durchmessers der Bohrung 55 ist mit einem Innengewinde versehen, das mit dem ersten Stellmittel, das nach den Ausführungen oben beispielsweise als Stellschraube ausgebildet ist, zusammenwirkt.

Aus der Darstellung gemäß Figur 3 ist ersichtlich, dass das Werkzeug 1 beziehungsweise die dritte Bearbeitungsstufe 15 mehrere in die Umfangsfläche 43 eingesetzte Führungsleisten aufweist, von denen einige in Figur 1 erkennbar waren. Der Honleiste 41 gegenüber liegend ist eine Führungsleiste 47 vorgesehen, – nach der Darstellung gemäß Figur 3 – links von ihr eine Führungsleiste 49 und rechts davon eine Führungsleiste 47'. Gegenüber der Führungsleiste 49 liegt eine Führungsleiste 49'.

Durch die Führungsleisten wird die dritte Bearbeitungsstufe 15 sehr exakt in der zu bearbeitenden Präzisionsbohrung geführt und abgestützt, so dass Abdrängkräfte sicher abgefangen werden. Dies führt dazu, dass sich eine exakte Bohrungsgeometrie einstellt.

Die Führungsleisten bestehen vorzugsweise aus Hartmetall, Cermet oder PKD. Es ist auch möglich, nur die über die Umfangsfläche des Werkzeugs 1 ragende Oberfläche der Führungsleisten ganz oder teilweise aus abriebfestem Material herzustellen oder mit diesem zu beschichten.

Aus Figur 3 ist erkennbar, dass die Führungsleiste 49, in der durch einen Pfeil P angedeuteten Drehrichtung gesehen, der Führungsleiste 47 um ca. 60° nacheilt, während demgegenüber die Führungsleiste 47' der Führungsleiste 47 um ca. 60° voreilt. Die Führungsleiste 49' eilt der Honleiste 41, gemessen von der Durchmesserlinie D aus, um ca. 60° nach.

Figur 4 zeigt einen Längsschnitt der Honleiste 41. Gleiche Teile sind mit gleichen Bezugsziffern versehen, so dass insofern auf die vorangegangene Beschreibung verwiesen wird. Aus der hier gewählten Darstellung wird deutlich, dass die Honleiste 41 durch drei in gleichem Abstand zueinander angeordnete Bohrungen 55, 57 und 59 von oben nach unten durchdrungen wird, wobei ein erster Abschnitt 55a einen kleineren Durchmesser aufweist und mit einem Innengewinde versehen ist und ein zweiter, innen liegender Abschnitt 55b mit einem größeren Innendurchmesser ausgestattet ist. Entsprechend sind die Bohrungen 57 und 59 ebenfalls als Stufenbohrung ausgebildet.

Die Bohrungen durchdringen einerseits die Außenfläche 45 der Honleiste und münden in der hier lediglich angedeuteten Kühl-/Schmiermittelnut 53. Da die Bohrungen 55, 57 und 59 andererseits die Unterseite 99 der Honleiste 41 durchbrechen, kann von unten, also beispielsweise durch die Grundfläche 83 der Nut 65 ein Kühl-/Schmiermittel eingespeist werden, das die Bohrungen 55, 57, 59 beziehungsweise den Kühl-/Schmiermittelkanal 77, der die hier nicht dargestellten Stellmittel 73 und 75 durchdringt, durchströmen kann.

Figur 5 zeigt noch einmal die Honleiste 41 im Querschnitt. Gleiche Teile sind mit gleichen Bezugsziffern versehen, so dass insofern auf die Beschreibung der vorangegangenen Figuren verwiesen wird.

Es wird deutlich, dass die Honleiste 41 von einer durchgehenden Bohrung 55 durchdrungen wird, die hier als Stufenbohrung ausgebildet ist, weil ein Teil der Justiereinrichtung 71, nämlich das zweite Stellmittel 75, in der Honleiste 41 untergebracht wird. Dazu ist der untere Teil der Bohrung 55, der Bereich 55b mit einem größeren Innendurchmesser versehen. Der obere Bereich 55a weist einen kleineren Innendurchmesser auf und ist mit einem Innengewinde versehen, um mit dem ersten Stellmittel 73, einer Stellschraube, zusammenwirken zu können.

Wie oben gesagt, kann das zweite Stellmittel 75 auch in den Grundkörper der dritten Bearbeitungsstufe verlagert werden, um die Honleiste 41 nicht zu sehr zu schwächen. Damit entfällt dann der untere Abschnitt 55b der Bohrung 55.

Figur 5 zeigt die Seitenfläche 69, in die für die mindestens eine Spannpratze, also hier für die Spannpratzen 61 und 63, mindestens eine Spannnut 91 eingebracht ist. Diese weist eine Spannfläche 93 auf, die von unten nach oben gesehen zu einer gedachten Mittelebene M der Honleiste 41 geneigt ist. Der Winkel entspricht dem Winkel  $\alpha$  zwischen der Seitenfläche 69 und dem Grund der Spannfläche 93, der in Figur 5 wiedergegeben ist. Der Winkel  $\alpha$  beträgt  $10^\circ$ .

Zur Funktion des Werkzeugs 1 ist Folgendes festzuhalten:

Das Werkzeug 1 dient der Bearbeitung von Präzisionsbohrungen in Werkstücken, wobei einerseits eine exakte Bohrungsgeometrie bezüglich Durchmesser, Rundheit und Zylinderform erzeugt werden, andererseits aber auch eine Oberflächenstruktur bereit gestellt werden soll, die optimal an die Funktion der Bohrung anpassbar ist. Es ist also möglich zu gewährleisten, dass in die Bohrung eingebaute Lager sicher gehalten werden. Insbesondere ist es aber möglich, die Oberflächenstruktur so auszubilden, dass im Bereich von Schmiergleitflächen ein Schmierfilm gebildet wird.

Dieses Ziel wird dadurch erreicht, dass das Werkzeug 1 modular aufgebaut ist und zwei Bearbeitungsstufen 3 und 5 mit jeweils mindestens einer Messerplatte 5 und 11 aufweist, die geometrisch bestimmte Schneiden 7, 13 zeigen. Diese dienen dazu, die Oberfläche der Präzisionsbohrung spanend zu bearbeiten und die gewünschte Bohrungsgeometrie zu erzeugen. Wird das Werkzeug 1 in eine zu bearbeitende Bohrung eingeführt, so gelangt zunächst die vorderste erste Bearbeitungsstufe 3 in Eingriff mit der Bohrungswandung, dann die zweite Bearbeitungsstufe 9. Da die erste Bearbeitungsstufe 3 und die zweite Bearbeitungsstufe 9 sehr exakt zueinander und zur dritten Bearbeitungsstufe 15 ausgerichtet sind, kann mit Hilfe der beiden ersten Bearbeitungsstufen die Präzisionsbohrung sehr exakt vor- und zwischenbearbeitet werden. Die Maßabweichung der bearbeiteten Präzisionsbohrung gegenüber dem Sollmaß beträgt nach der Zwischenbearbeitung ca. 1/100 mm bis 2/100 mm.

Im dritten Bearbeitungsgang, bei der Fertigbearbeitung wird die Wandung der Präzisionsbohrung mit Hilfe der dritten Bearbeitungsstufe 15 bearbeitet, die mindestens eine geometrisch unbestimmte Schneide 17 aufweist, die hier als Honleiste 41 ausgebildet ist. Die

Honleiste ist entweder vollständig aus Hartstoffpartikeln aufgebaut oder weist zumindest im Bereich ihrer Außenfläche 45 Hartstoffpartikel auf, die mit der zu bearbeitenden Bohrung in Eingriff treten. Das Werkzeug 1 wird zunächst in Rotation versetzt, während die erste und zweite Bearbeitungsstufe 3 und 9 die Präzisionsbohrung bearbeiten. Während der Bearbeitung der Bohrungsoberfläche mittels der dritten Bearbeitungsstufe 15 wird dem Werkzeug 1 eine überlagerte Bewegung aus einer auch als Vorschub bezeichneten Axialgeschwindigkeit und einer Umfangsgeschwindigkeit (Tangentialgeschwindigkeit) in der Bohrung bewegt. Dadurch entstehen in der bearbeiteten Bohrungsoberfläche gekreuzte Bearbeitungsriefen, die ein gutes Ölhaltevermögen aufweisen. Die Richtung der Axialgeschwindigkeit wird periodisch umgekehrt, so dass das Werkzeug 1 in der zu bearbeitenden Präzisionsbohrung in axialer Richtung hin und her bewegt wird. Die Drehrichtung des Werkzeugs 1 wird bei der Bearbeitung beibehalten.

Die entstehende Oberfläche kann durch Variation des Geschwindigkeitsverhältnisses Axialgeschwindigkeit/Umfangsgeschwindigkeit beeinflusst werden, um ein gewünschtes Muster an Bearbeitungsriefen zu erzeugen.

Bei der Fertigbearbeitung mittels der dritten Bearbeitungsstufe 15 müssen nach allem nur noch ca. 1/100 mm bis 2/100 mm abgetragen werden. Da die dritte Bearbeitungsstufe 15 sehr exakt gegenüber der zweiten Bearbeitungsstufe 9 und der ersten Bearbeitungsstufe 3 fluchtet, kann auf die für Honwerkzeuge übliche kardanische Aufhängung verzichtet werden. Es ist also möglich, die dritte Bearbeitungsstufe 15 starr mit den anderen Bearbeitungsstufen 9 und 13 und über den Schaft 19 mit einer Werkzeugmaschine zu verbinden.



Aufgrund des für die Fertigbearbeitung verbleibenden geringen Aufmaßes muss die dritte Bearbeitungsstufe 15 lediglich ein- bis dreimal in der zu bearbeitenden Präzisionsbohrung in axialer Richtung hin und her bewegt werden. Dies verkürzt die Bearbeitungszeit der Präzisionsbohrung nachhaltig. Die Minimierung der Hübe ist nach dem oben Gesagten deshalb möglich, weil die dritte Bearbeitungsstufe 15 sehr genau fluchtend gegenüber den anderen Bearbeitungsstufen angeordnet und nur noch eine sehr geringe Schnitttiefe erforderlich ist. Ein entscheidender Vorteil des hier beschriebenen Werkzeugs ist es also, dass dieses auf normalen Bearbeitungsmaschinen verwendet werden kann, weil die für Honwerkzeuge übliche kardanische Aufhängung entfallen kann und keine zusätzlichen Abstütz- und/oder Führungseinrichtungen erforderlich sind.

Besonders vorteilhaft ist es, dass das Werkzeug 1 eine Kühl-/Schmiermittelversorgung aufweist, die zumindest die dritte Bearbeitungsstufe 15 versorgt, so dass das Medium aus den Bohrungen 55, 57 und 59 in der Honleiste 41 in eine in deren Außenfläche 45 eingebrachte Kühl-/Schmiermittelnut 53 gelangen kann.

Die Kühl-/Schmiermittelversorgung kann auch bis in die zweite und erste Bearbeitungsstufe 9, 3 reichen, um durch grundsätzlich bekannte Kanäle den jeweiligen Schneiden 7, 11 bei der Bearbeitung einer Bohrungsoberfläche Kühl- und Schmiermittel zuzuführen.

Es wird deutlich, dass die dritte Bearbeitungsstufe sich mit Hilfe der Führungsleisten 49, 49', 47, 47' in der bearbeiteten Bohrungsoberfläche abstützen kann. Überdies ist es möglich, auch mehr als eine Honleiste in die Umfangsfläche 43 der dritten Bearbeitungsstufe 15 einzusetzen.

Von entscheidender Bedeutung ist, dass durch den modularen Aufbau des Werkzeugs 1 in einem einzigen Bearbeitungsgang ohne Werkzeugwechsel eine spanende Bearbeitung der Präzisionsbohrung mit Hilfe der geometrisch bestimmte Schneiden und mit Hilfe der eine geometrisch unbestimmte Schneide aufweisenden Honleiste erfolgen kann. Die Ausrichtung der Bearbeitungsstufen 3, 9 und 15 zueinander ist sehr exakt, weil an den einzelnen Verbindungsstellen eine hohe Steifigkeit gewährleistende Kurzkegelspannung realisiert wird, indem der Schaft 23 der zweiten Bearbeitungsstufe 9 in eine Ausnehmung 81 der dritten Bearbeitungsstufe 15 eingreifen kann, wobei im Bereich der Verbindungsstelle die Stirnfläche 21 und die Planfläche 25 miteinander zusammenwirken, was zu einer exakten radialen Ausrichtung und Winkelausrichtung der zweiten Bearbeitungsstufe 9 gegenüber der dritten Bearbeitungsstufe 15 führt. Entsprechend werden eine hohe Steifigkeit und eine exakte Ausrichtung der ersten Bearbeitungsstufe 3 gegenüber der zweiten Bearbeitungsstufe 9 erreicht, indem der Schaft 29 in eine entsprechende Ausnehmung in der zweiten Bearbeitungsstufe eingesetzt wird, wobei hier die Stirnfläche 27 der zweiten Bearbeitungsstufe 9 mit der ringförmigen Planfläche 31 der ersten Bearbeitungsstufe 3 zusammenwirkt. Da die Bearbeitungsstufen 3, 9 und 15 exakt zueinander positioniert sind und auf einer gemeinsamen Mittelachse 39 liegen, wird die Qualität der bearbeiteten Präzisionsbohrung erhöht.

Einerseits ergibt sich nach allem eine sehr gute Bohrungsgeometrie, wobei gleichzeitig eine gewünschte Oberflächenstruktur realisiert wird. Die einzelnen Bearbeitungsschritte der Vor-, Zwischen- und Fertigbearbeitung können mit nur einer Aufspannung auf derselben Fertigungseinrichtung durchgeführt werden, das heißt, das Werkzeug 1 muss nur ein einziges Mal in eine Werkzeugmaschine einge-

spannt werden. Ein Werkzeugwechsel entfällt also, wodurch Positionierungsfehler, die beim Umspannen entstehen, eliminiert werden. Außerdem ist es nicht erforderlich, das Bauteil auf mehrere Maschinen zu übergeben. Letztendlich kann auch auf eine zusätzliche Abstützung/Führung verzichtet werden, was eine weitere Vereinfachung bedeutet, da so das Werkzeug auf normalen Bearbeitungszentren eingesetzt werden kann; die Verwendung von Sondermaschinen ist entbehrlich.

Bei den Erläuterungen zu den vorangegangenen Figuren wird davon ausgegangen, dass das Werkzeug 1 drei Bearbeitungsstufen aufweist. Die oben genannten Vorteile lassen sich aber ohne Weiteres auch mit einem Werkzeug realisieren, das lediglich mit zwei Bearbeitungsstufen versehen ist. Beispielsweise kann auf die der Vorbearbeitung dienende erste Bearbeitungsstufe 3, die anhand von Figur 1 erläutert wurde, verzichtet werden.

Ein derartiges Werkzeug 1' ist in Figur 6 dargestellt. Es weist eine erste Bearbeitungsstufe 9' und eine zweite Bearbeitungsstufe 15' auf, wobei die erste Bearbeitungsstufe 9' der zweiten Bearbeitungsstufe 9 des Werkzeugs 1 der Figur 1 entspricht. Die erste Bearbeitungsstufe 3 des Werkzeugs 1 nach Figur 1 entfällt bei dem Ausführungsbeispiel des Werkzeugs 1' gemäß Figur 6.

Entsprechend ist die erste Bearbeitungsstufe 9' des Werkzeugs 1' im Wesentlichen so aufgebaut, wie die zweite Bearbeitungsstufe 9 des Werkzeugs 1 in Figur 1. Daher wird auf die Beschreibung dieser Bearbeitungsstufe gemäß Figur 1 verwiesen.

Die zweite Bearbeitungsstufe 9' weist eine Anzahl von Messerplatten auf, von denen hier die Messerplatten 11, 11' und 11'' mit Bezugszif-

fern gekennzeichnet sind. Die erste Bearbeitungsstufe 9' ist über eine Präzisionsschnittstelle, die auch hier als Kurzkegelverbindung ausgebildet ist, mit der zweiten Bearbeitungsstufe 15' koppelbar.

Bezüglich der ersten Bearbeitungsstufe 9' ist festzuhalten, dass diese, wie die Bearbeitungsstufen 3 und 9 des Werkzeugs 1 gemäß Figur 1, eine Anzahl von Messerplatten aufweist. Es sei hier aber ausdrücklich darauf hingewiesen, dass die geometrisch bestimmten Schneiden der Messerplatten auch unmittelbar am Grundkörper der jeweiligen Bearbeitungsstufen realisierbar sind. Es ist jedoch kostengünstiger, austauschbare Messerplatten zu verwenden, als geometrisch bestimmte Schneiden unmittelbar an den Bearbeitungsstufen 3, 9 beziehungsweise 9' der Werkzeuge 1 beziehungsweise 1' zu realisieren.

Entscheidend ist, dass bei der ersten Bearbeitungsstufe 9' des Werkzeugs 1' gemäß Figur 6 mindestens drei Abstützbereiche realisiert werden, über die das Werkzeug 1' sich bei der Bearbeitung einer Präzisionsbohrung unmittelbar an der Bohrungswandung abstützt, so dass irgendwelche externen Führungseinrichtungen entfallen können.

Dasselbe gilt auch für das Werkzeug 1 gemäß Figur 1: Bei mindestens einer der Bearbeitungsstufen 3 und 9 sind mindestens drei Abstützbereiche vorgesehen, über die sich das Werkzeug 1 bei der Bearbeitung einer Präzisionsbohrung an der Bohrungswandung unmittelbar abstützt, ohne dass zur Führung des Werkzeugs irgendwelche sonstigen Führungseinrichtungen erforderlich wären.

Der Begriff „Abstützbereich“ wird in Zusammenhang mit den hier gegebenen Erläuterungen ganz allgemein verwendet. Dabei wird da-

von ausgegangen, dass bei der Bearbeitung einer Bohrungsoberfläche mittels einer geometrisch bestimmten Schneide in diese Reaktionskräfte eingeleitet werden, die auf den von der Schneide ausgeübten Schnittkräften beruhen. Die Reaktionskräfte wirken auf das Werkzeug, das sich an mindestens zwei weiteren Abstützflächen an der Bohrungswand abstützt und durch diese geführt wird. Bekannt sind beispielsweise Einschneiden-Reibahlen mit einer in der Regel an einer Messerplatte realisierten geometrisch bestimmten Schneide und zwei Führungsleisten, von denen eine erste, in Drehrichtung des Werkzeugs gesehen, der Schneide um circa  $40^\circ$  nachleilt und eine zweite der Schneide gegenüberliegend angeordnet ist.

Mit dem Begriff Abstützbereich werden also nicht nur Flächen angesprochen, die, wie Führungsleisten an der Oberfläche der bearbeiteten Präzisionsbohrung entlanggleiten. Vielmehr werden auch Schneiden erfasst, die von der Bohrungsoberfläche Späne abtragen.

Entsprechend wird bei einem Zweisechneiden-Werkzeug davon ausgegangen, dass die geometrisch bestimmten Schneiden in diesem Zusammenhang auch Abstützbereiche bilden, weil hier Schnittkräfte und Reaktionskräfte aufgebaut werden. In der Regel weisen Zweisechneiden-Werkzeuge außer den beiden Schneiden noch drei Führungsleisten auf, über die sich das Werkzeug an einer Bohrungsoberfläche abstützt, ohne dass im Bereich der Führungsleisten irgendein Eingriff in die Oberfläche erfolgen würde.

Die hier angesprochenen Abstützbereiche können dadurch realisiert werden, dass die Bearbeitungsstufen 3 und/oder 9 des Werkzeugs 1 nach Figur 1 und die Bearbeitungsstufe 9' des Werkzeugs 1' nach

Figur 6 drei Messerplatten aufweist, mit denen sich das Werkzeug 1, 1' an der Bohrungswandung abstützt.

Sollte die Abstützung ausschließlich über Messerplatten erfolgen, werden diese mit einer Rundschliff-Fase versehen, worauf anhand von Figur 7 näher eingegangen wird. Falls die Bearbeitungsstufen 3 und/oder 9 des Werkzeugs 1 oder die Bearbeitungsstufe 9' des Werkzeugs 1' nach Figur 6 unmittelbar am Grundkörper der Bearbeitungsstufen geometrisch bestimmte Schneiden aufweist, also ohne Messerplatten ausgebildet ist, so sind auch diesen Schneiden zur Abstützung des Werkzeugs 1, 1' Rundschliff-Fasen zuzuordnen.

Bei dem Werkzeug 1 nach Figur 1 ist vorgesehen, dass die zweite Bearbeitungsstufe 9 beispielsweise sechs bis acht Messerplatten umfasst. Entsprechend können auch sechs bis acht geometrisch bestimmte Schneiden unmittelbar am Grundkörper der Bearbeitungsstufe realisiert werden. Dasselbe gilt für die Bearbeitungsstufe 9' des Werkzeugs 1' gemäß Figur 6. Die Rundschliff-Fasen der Schneiden bilden die Abstützbereiche für die Bearbeitungsstufe.

Für die zweite Bearbeitungsstufe 15' des Werkzeugs 1' nach Figur 6 gilt das für die dritte Bearbeitungsstufe 15 des Werkzeugs 1 nach Figur 1 Gesagte entsprechend: Es ist hier mindestens eine geometrisch unbestimmte Schneide, vorzugsweise mindestens eine Honleiste 41' vorgesehen, die geometrisch unbestimmte Schneiden aufweist. Honleisten sind grundsätzlich bekannt, so dass diese hier nicht näher erläutert werden. Auch bei diesem Ausführungsbeispiel können für die mit Honleisten ausgestattete Bearbeitungsstufe 15' Führungsleisten vorgesehen werden, wie dies oben im Zusammenhang mit dem Werkzeug 1 erläutert wurde.

Das Ausführungsbeispiel des Werkzeugs 1' nach Figur 6 zeichnet sich dadurch aus, dass die oben angesprochene gewünschte Oberflächenstruktur bei der Bearbeitung einer Präzisionsbohrung realisierbar ist, weil auch hier außer geometrisch bestimmten Schneiden geometrisch unbestimmte Schneiden eingesetzt werden.

Außerdem zeigt sich, dass bei dem Ausführungsbeispiel des Werkzeugs 1 gemäß Figur 1 und bei dem Ausführungsbeispiel des Werkzeugs 1' gemäß Figur 6 sichergestellt ist, dass dieses sich an mindestens drei Stellen an einer Bohrungswandung abstützt, während diese bearbeitet wird. Dadurch erfolgt eine optimale Führung des Werkzeugs innerhalb der bearbeiteten Bohrung, so dass auf externe Führungseinrichtungen verzichtet werden kann. Dies erleichtert den Einsatz des Werkzeugs 1, 1' wesentlich. Im Übrigen kann das hier beschriebene Werkzeug 1, 1' in einem herkömmlichen Bearbeitungszentrum eingesetzt werden. Die Bearbeitung der Präzisionsbohrung kann auf ein und derselben Maschine erfolgen, so dass das Werkstück nicht auf mehrere Maschinen übergeben und dort eingespannt werden muss. Auch entfallen Werkzeugwechsel, wie sie bei herkömmlichen Maschinen häufig erforderlich sind, so dass Positionierfehler, die beim Umspannen entstehen, eliminiert werden. Dies erhöht die Qualität der bearbeiteten Bohrung.

Durch den modularen Aufbau unter Verwendung von Präzisionsschnittstellen wird sichergestellt, dass eine exakte axiale Ausrichtung sowie Winkelausrichtung der Bearbeitungsstufen des Werkzeugs 1, 1' gewährleistet ist.

Die hier beschriebenen Vorteile lassen sich einerseits realisieren bei Werkzeugen, deren geometrische bestimmte Schneiden unmittelbar

durch den Grundkörper einer Bearbeitungsstufe realisiert werden. Vorzugsweise ist jedoch vorgesehen, Messerplatten in den Grundkörper der Bearbeitungsstufen einzusetzen, wobei diese eingelötet oder auf sonstige Weise am Grundkörper der Bearbeitungsstufe befestigbar sind.

Figur 7 zeigt eine Messerplatte 11 in perspektivischer Ansicht von Schräg vorne. Unabhängig von der konkreten Form der Messerplatte 11 weist diese stets eine in Richtung der durch einen Pfeil 111 angedeuteten Vorschubrichtung abfallende Hauptschneide 113 auf. Abfallend heißt hier, dass sich die Hauptschneide, in Vorschubrichtung gesehen, der hier nicht dargestellten Drehachse der Bearbeitungsstufe annähert. Die Hauptschneide 113 geht über einen Scheitelpunkt 115 in die Nebenschneide 117 über. Diese ist in entgegengesetzt geneigt und steigt, in Vorschubrichtung gesehen, in Richtung auf den Scheitelpunkt 115 an. Es zeigt sich also, dass die Hauptschneide 113 und die Nebenschneide 117 in entgegengesetzten Richtungen vom Scheitelpunkt 115 geneigt sind.

Die Messerplatte 11 ist in Figur 7 so angeordnet, dass eine Spanfläche 119 oben liegt, auf der die von der Haupt- und Nebenschneide abgetragenen Späne ablaufen. Sie geht in die Haupt- und Nebenschneide 113, 117 über.

Im Bereich der Hauptschneide 113 ist eine erste Freifläche 121 vorgesehen, die unter einem Winkel von kleiner  $90^\circ$  gegenüber der Spanfläche 119 geneigt ist, also in Figur 7 nicht senkrecht nach unten abfällt. An die Nebenschneide 117 schließt sich eine erste Freifläche 123 an.



Oben wurde ausgeführt, dass mindestens eine der Bearbeitungsstufen 3 und 9 des Werkzeugs 1 nach Figur 1 und die Bearbeitungsstufe 9' des Werkzeugs 1' gemäß Figur 6 mindestens drei Abstützbereiche aufweist. Auf die Definition des Begriffs Abstützbereich wurde bereits oben eingegangen. In Zusammenhang mit den hier gegebenen Erläuterungen wird also auch davon ausgegangen, dass eine Schneide ohne Rundschliff-Fase bei einer Einschneiden-Reibahle einen Abstützbereich für dieses Werkzeug bildet, wobei die beiden weiteren Abstützbereiche durch Führungsleisten realisiert werden. Damit hat nach der hier vorgegebenen Definition eine Einschneiden-Reibahle drei Abstützbereiche. In diesem Zusammenhang ist es auch möglich, die mindestens drei Abstützbereiche durch mindestens drei Schneiden mit jeweils einer Rundschliff-Fase zu realisieren. Es können auch mindestens drei Führungsleisten in Verbindung mit Schneiden verwendet werden, die keine Rundschliff-Fase aufweisen.

Die Rundschliff-Fase wird im Bereich der ersten Freifläche 123 der Nebenschneide 27 realisiert. Dieser Bereich ist dann so gekrümmt ausgebildet, dass sich an die Spanfläche 119 ein gekrümmter Bereich anschließt, dessen Krümmungsradius von der Drehachse des Werkzeugs 1, 1' aus gemessen wird. Der Krümmungsradius entspricht vorzugsweise dem der zu bearbeitenden Präzisionsbohrung.

An die erste Freifläche 121 der Hauptschneide 113 schließt sich eine zweite Freifläche 125 an, die unter einem steileren Winkel abfällt als die erste Freifläche 121. Entsprechend schließt sich an die erste Freifläche 123 der Nebenschneide 117 eine zweite Freifläche 127 an, die ebenfalls stärker geneigt ist, als die erste Freifläche 123.

Die zweite Freiflächen 125, 127 sind vorzugsweise eben ausgebildet, wie dies bei herkömmlichen Messerplatten häufig der Fall ist.

Werden die Hauptschneide 113 und die Nebenschneide 117 unmittelbar am Grundkörper einer Bearbeitungsstufe realisiert, so ist die Ausgestaltung des Bereichs von Haupt- und Nebenschneide auch dort so vorgesehen, wie dies anhand der Messerplatte 11 beschreiben wurde. Insbesondere kann auch dann im Bereich der ersten Freifläche 123 einer Nebenschneide 117 eine Rundschliff-Fase vorgesehen werden, um einen Abstützbereich zu realisieren.

In jedem Fall wird deutlich, dass das Werkzeug 1 nach Figur 1 und das Werkzeug 1' nach Figur 6 im Bereich einer Bearbeitungsstufe mit mindestens einer geometrisch bestimmten Schneide mindestens drei Abstützbereiche aufweist. Die mindestens drei Abstützbereiche an einer oder beiden Bearbeitungsstufen des Werkzeugs 1 nach Figur 1 und an der Bearbeitungsstufe 9' des Werkzeugs 1' nach Figur 6 können also auf die oben beschriebene Weise realisiert werden.

### **Ansprüche**

1. Werkzeug zur spanenden Bearbeitung von Präzisionsbohrungen in Werkstücken mit

- einer ersten Bearbeitungsstufe, die mindestens eine geometrisch bestimmte Schneide aufweist und mit
- einer zweiten Bearbeitungsstufe, die mindestens eine Honleiste mit geometrisch unbestimmten Schneiden aufweist,

**dadurch gekennzeichnet**, dass die erste Bearbeitungsstufe (9') mindestens drei in Umfangsrichtung in einem Abstand zueinander angeordnete Abstützbereiche aufweist, die so ausgebildet und angeordnet sind, dass sie sich bei der Bearbeitung der Präzisionsbohrung an deren Wandung abstützen.

2. Werkzeug nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass mindestens ein Abstützbereich durch eine einer geometrisch bestimmten Schneide zugeordnete Rundschliff-Fase realisierbar ist.

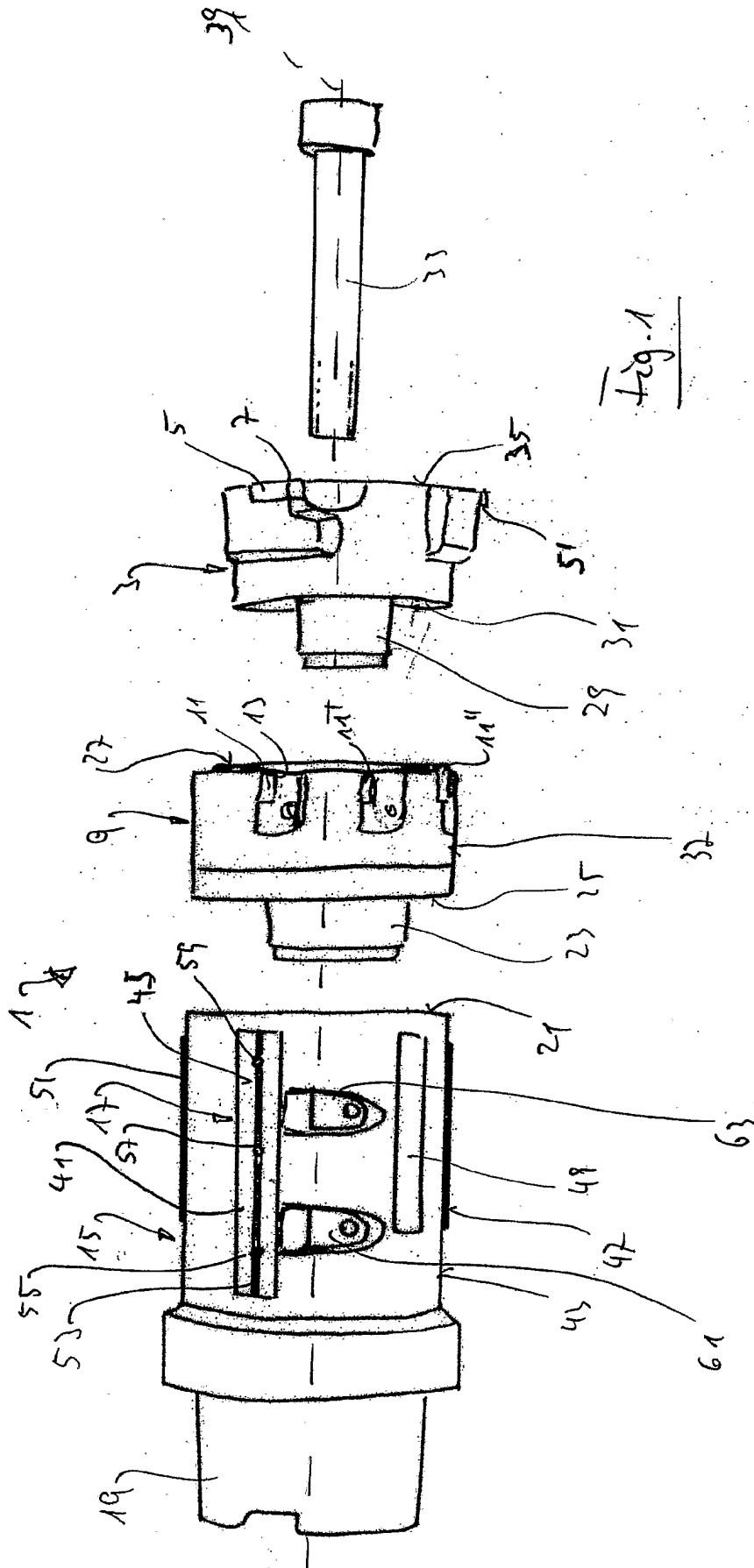
3. Werkzeug nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass alle Abstützbereiche durch einer geometrisch bestimmten Schneide zugeordnete Rundschliff-Fasen realisierbar sind.

4. Werkzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die geometrisch bestimmte Schneide Teil einer Messerplatte ist.

5. Werkzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass mindestens ein Abstützbereich durch eine Führungsleiste realisierbar ist, die sich bei der Bearbeitung der Präzisionsbohrung an deren Oberfläche abstützt.
6. Werkzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Honleiste (41) in eine in den Grundkörper (67) des Werkzeugs (1) eingelassene Nut (65) einsetzbar ist, die parallel zur Mittelachse (39) des Werkzeugs (1) verläuft.
7. Werkzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Nut (65) eine Grundfläche (83) und zwei davon ausgehende Seitenflächen aufweist und vorzugsweise – im Querschnitt gesehen – rechtwinklig ausgebildet ist.
8. Werkzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Honleiste (41) auswechsel- und einstellbar ist.
9. Werkzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Honleiste (41) von mindestens einer Spannpratze (61, 63) gehalten wird und vorzugsweise in einer der Spannpratze zugewandten Seitenfläche (69) mindestens eine Spannnut (91) mit einer Spannfläche (93) aufweist.
10. Werkzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Spannfläche (93) gegenüber einer gedachten Mittelebene (M) der Honleiste (41) – vorzugsweise um  $10^\circ$  – geneigt ist, wobei sich die Spannfläche (93) von unten nach oben an die Mittelebene (M) annähert.

11. Werkzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Honleiste (41) mit mindestens einer Bohrung (55, 57, 59) zur Aufnahme eines – vorzugsweise als Stellschraube ausgebildeten – ersten Stellmittels (73) einer Justiereinrichtung (71) versehen ist.
12. Werkzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Honleiste (41) und/oder der Grundkörper (67) des Werkzeugs (1) mit einer Bohrung zur Aufnahme eines – vorzugsweise als Druckstück ausgebildeten – zweiten Stellmittels (75) der Justiereinrichtung (71) versehen ist.
13. Werkzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Stellmittel (73, 75) einen durchgehenden Kühl-/ Schmiermittelkanal (77) aufweisen.
14. Werkzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Grundfläche (83) der Nut (63) mindestens einen Kühl-/Schmiermittelauslass aufweist.
15. Werkzeug nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Kühl-/Schmiermittelauslass mit den in den Stellmitteln vorgesehenen Kühl-/Schmiermittelkanal (77) fluchtet.
16. Werkzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die außen liegende, bei der Bearbeitung einer Präzisionsbohrung mit deren Oberfläche in Eingriff tretende Außenfläche (45) der Honleiste (41) eine die Bohrung (55, 57, 59) zur Aufnahme des ersten Stellmittels (73) schneidende Kühl-/Schmier-mittelnut (53) aufweist.

17. Werkzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die dritte Bearbeitungsstufe (15) mindestens eine Führungsleiste (47,47',49,51) aufweist.
18. Werkzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine dritte Bearbeitungsstufe vorgesehen ist.
19. Werkzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Werkzeug (1) modular aufgebaut ist und die Bearbeitungsstufen (3, 9, 15) austauschbar sind.
20. Werkzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Verbindung der Bearbeitungsstufen untereinander mittels einer Präzisionsschnittstelle erfolgt.



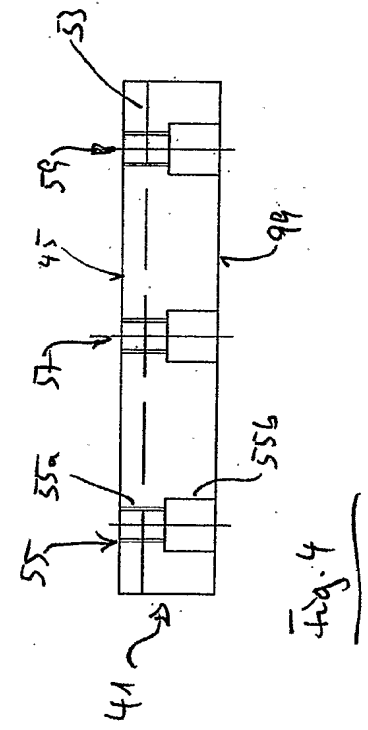
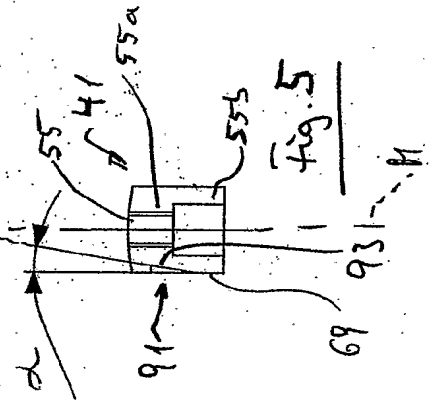
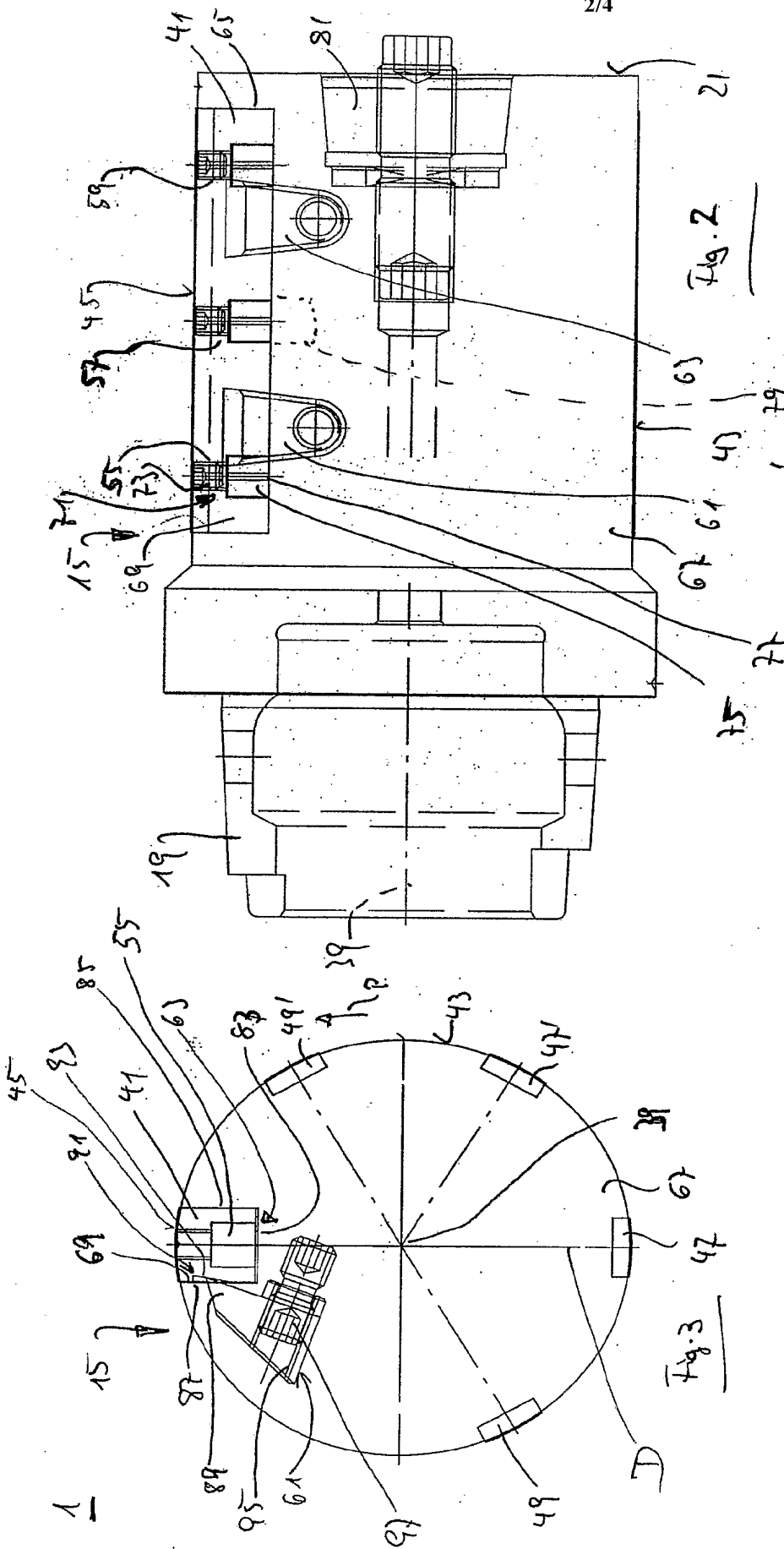


Fig. 3

Fig. 2

Fig. 4

Fig. 5



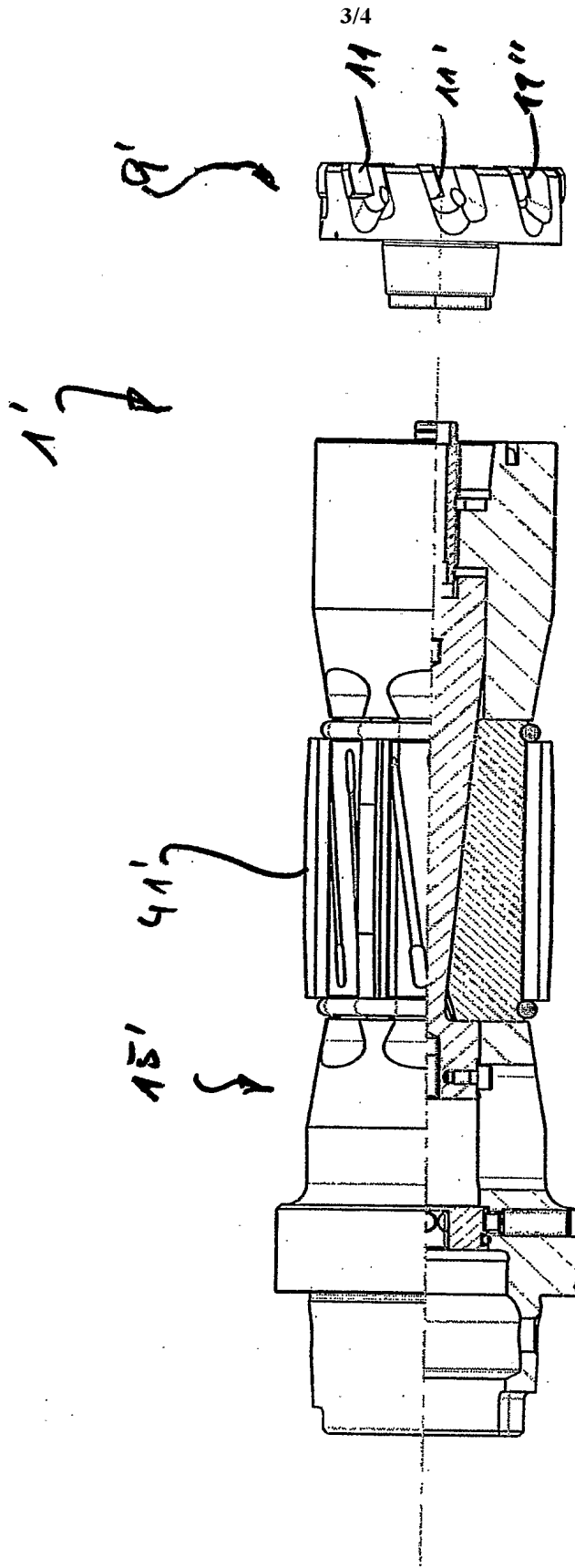


Fig. 6

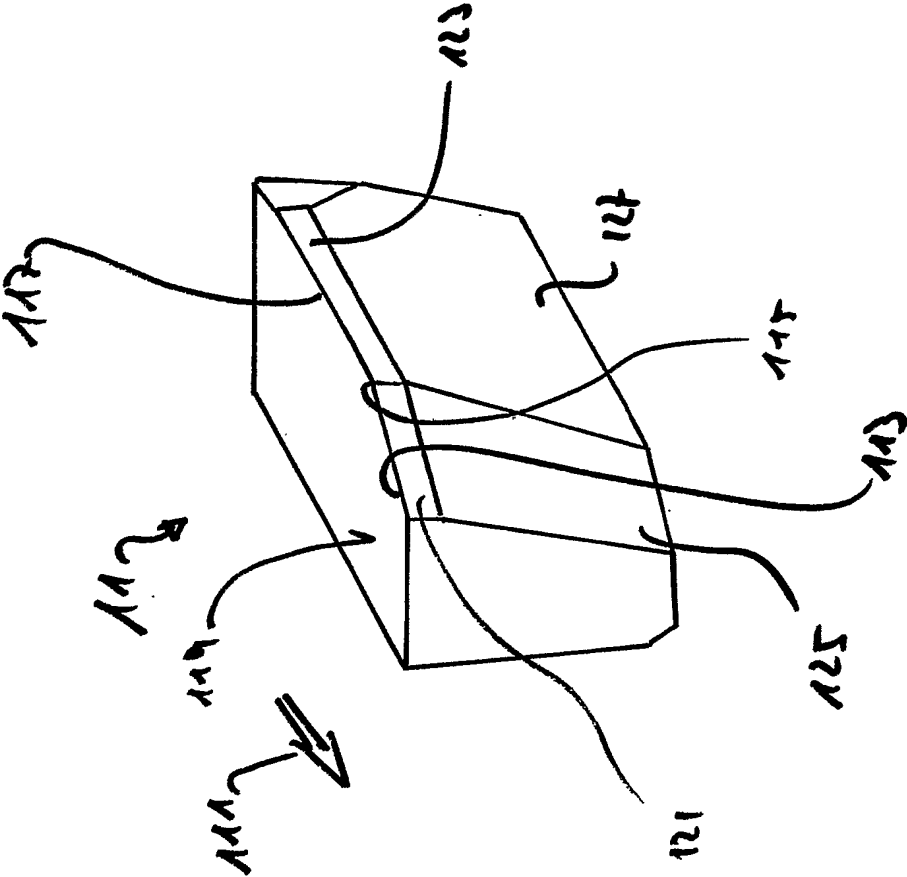


Fig. 2